

Patitioner's Docket No. U 014316-1

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Re application of: Zhiquan ZHANG, et al

Group No.: 2873

Serial No.: 10/617,880

Examiner: - -

Filed: July 11, 2003

For: PROJECTION SYSTEM FOR USE IN IMAGE DISPLAY APPARATUS

Commissioner for Patents

P. O. Box 1450

Alexandria, VA 22313-1450

TRANSMITTAL OF CERTIFIED COPY

Attached please find the certified copy of the foreign application from which priority is claimed for this case:

Country: CHINA

Application

Number: 02133466.8

Filing Date: July 12, 2002

WARNING: "When a document that is required by statute to be certified must be filed, a copy, including a photocopy or facsimile transmission of the certification is not acceptable." 37 C.F.R. 1.4(f) (emphasis added).

CERTIFICATE OF MAILING (37 C.F.R. 1.8a)

I hereby certify that this correspondence is, on the date shown below, being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to the Commissioner for Patents, P. O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

Date: October 20, 2003


Signature

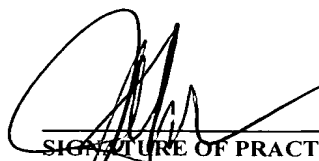
JULIAN H. COHEN

(type or print name of person certifying)

Reg. No. 20,302

Tel. No.: (212) 708-1887

Customer No.: 00140



SIGNATURE OF PRACTITIONER

JULIAN H. COHEN

(type or print name of practitioner)

P.O. Address

c/o Ladas & Parry
26 West 61st Street
New York, N.Y. 10023

NOTE: "The claim to priority need be in no special form and may be made by the attorney or agent, if the foreign application is referred to in the oath or declaration, as required by § 1.63." 37 C.F.R. 1.55(a).

证 明

本证明之附件是向本局提交的下列专利申请副本

申 请 日： 2002 07 12

申 请 号： 02 1 33466.8

申 请 类 别： 发明

发明创造名称： 用于图像显示装置的投影镜头

申 请 人： 成都奥晶科技有限责任公司

发明人或设计人： 张治全； 辛企明； 赵锐； 高峰； 常伟



中华人民共和国
国家知识产权局局长

王 景 川

2003 年 9 月 28 日

权 利 要 求 书

1. 用于图像显示装置的投影镜头，由沿光轴排列的若干镜片组合而成，其特征是在所说的镜片组合中还设置有至少一个具有能在光路中产生衍射效果的衍射结构（2）的衍射结构层（1），该衍射结构（2）为一系列以光轴为同心圆形式的圆环形衍射结构，且由圆心向外排列的各圆环形衍射结构间的间距应依次递减。

2. 如权利要求 1 所述的用于图像显示装置的投影镜头，其特征是所说的该衍射结构层（1）的衍射结构（2）为开诺型、二元光学面形或全息图型衍射结构中的一种。

3. 如权利要求 1 所述的用于图像显示装置的投影镜头，其特征是所说的衍射结构层（1）为在现有镜头镜片的表面直接形成所说的衍射结构（2）而与该镜片成为整体结构的形式。

4. 如权利要求 1 所述的用于图像显示装置的投影镜头，其特征是所说的衍射结构层（1）为具有所说的衍射结构（2）且独立于各镜片的独立衍射结构单元。

5. 如权利要求 4 所述的用于图像显示装置的投影镜头，其特征是所说的衍射结构层（1）为该独立衍射结构单元形式的衍射结构层（1）以被覆方式结合在现有镜头镜片表面所成为的混合透镜形式。

6. 如权利要求 2 或 4 所述的用于图像显示装置的投影镜头，其特征是所说的衍射结构层（1）设置在镜片的图像投影方向表面。

7. 如权利要求 2 或 4 所述的用于图像显示装置的投影镜头，其特征是所说的衍射结构层（1）设置在镜片的与图像投影方向相反方向的表面。

8. 如权利要求 2 所述的用于图像显示装置的投影镜头，其特征是所说的衍射结构层（1）上的衍射结构为开诺型衍射结构，其结构形式应符合关系式为：

衍射槽深度 = $[\lambda / (n - 1)]$ ，其中 λ 为波长（mm）， n 为零件的折射率；

衍射面产生的波前位置位移的相位 = $[2\pi / \lambda][C_1 r^2 + C_2 r^4 + \dots + C_n r^{2n}]$ ，其中： C_1 为二次项系数、 $C_2 \dots C_n$ 为高次项系数， r 是离光轴的径向距离，其中相位应是 2π 的整数倍。

9. 如权利要求 8 所述的用于图像显示装置的投影镜头，其特征是在投影装置中红、绿、蓝三种颜色信道的投影镜头中，分别设置具有与其工作波长相对应的

衍射结构(2)的衍射结构层(1)。

10. 如权利要求1至5之一所述的用于图像显示装置的投影镜头,其特征是所说的衍射结构层(1)设置在近光阑的位置处,用以校正轴上色差。

11. 如权利要求1至5之一所述的用于图像显示装置的投影镜头,其特征是所说的衍射结构层(1)设置在远离光阑的位置处,用以校正垂轴色差。

12. 如权利要求1、2、4或5所述的用于图像显示装置的投影镜头,其特征是所说的衍射结构层(1)塑料结构单元。

13. 如权利要求12所述的用于图像显示装置的投影镜头,其特征是所说的衍射结构层(1)是由注射成型结构单元。

14. 如权利要求3所述的用于图像显示装置的投影镜头,其特征是所说的镜头镜片是由注射成型的带有该衍射结构层(1)的整体镜片单元。

15. 如权利要求1至5之一所述的用于图像显示装置的投影镜头,其特征是镜头由5片镜片组成,其中最接近投影像的第一片及第二片镜片均为模压塑料的非球面镜片,第三片为光学玻璃的球面镜片,第四和第五片镜片也为模压塑料的非球面镜片,所说的该衍射结构层(1)设置在第二片和第三片镜片之间。

16. 如权利要求15所述的用于图像显示装置的投影镜头,其特征是所说的衍射结构层(1)以模压方式被覆在第二片镜片的第二面上。

17. 如权利要求15所述的用于图像显示装置的投影镜头,其特征是在不同的颜色信道的镜头中,各镜头中的衍射结构层(1)均按同样的方式设置。

18. 如权利要求1至5之一所述的用于图像显示装置的投影镜头,其特征是镜头由三片镜片组成,所说的衍射结构层(1)设置在第一片镜片的第二面上。

19. 如权利要求1至5之一所述的用于图像显示装置的投影镜头,其特征是镜头由四片镜片组成,所说的衍射结构层(1)设置在第一片镜片的第二面上。

20. 如权利要求1至5之一所述的用于图像显示装置的投影镜头,其特征是镜头由六片镜片组成,所说的衍射结构层(1)设置在第三片镜片的第二面上。

21. 如权利要求1至5之一所述的用于图像显示装置的投影镜头,其特征是镜头由七片镜片组成,所说的衍射结构层(1)设置在第四片镜片的第二面上。

用于图像显示装置的投影镜头

技术领域

本发明涉及的是一种用于图像显示装置的投影镜头，可包括在如背投电视系统、会议或教学的台式计算机投影仪、视频飞行模拟系统等诸多领域中使用的投影式图像显示装置的投影镜头。

背景技术

用于图像显示装置的投影镜头，历史悠久，除主要用在背投电视系统中外，还包括用于举办会议或教学的台式计算机投影仪、以及视频飞行模拟系统等领域。其通常是由 3 个投影镜头组合，分别提供红信道像、绿信道像和蓝信道像，共同投影于显示屏后，还原形成可视图像。

投影镜头有单色像差（即使只使用一种波长也存在像差）和色差（即多于一种波长所产生的像差）。单色像差包括各级球差、彗差、匹兹瓦尔场曲、像散和畸变。轴上色差和垂轴色差则是与波长有关的像差。此外，单色像差也可以随波长发生很小的变化，产生色球差或色像散，它们虽然小于单色像差，但对于投影镜头相对的大孔径和大视场角来说仍有很大影响。轴上色差被视为轴上物点的最佳焦点沿光轴的偏移。垂轴色差被视为视场边沿的放大率变化（即色模糊）。在使用红信道、绿信道和蓝信道的显示系统中，通过电路调整每个信道的画幅结构可以在全视场中使颜色会聚，用这种方法垂轴色差几乎可以得到全部校正。因此，轴上色差是投影镜头的主要剩余像差。

色差校正通常需要配合使用火石类和冕牌两类材料。火石类材料色散高，折射率随波长变化而有很大的变化。比较而言，冕牌材料色散低，折射率随波长变化很小。冕牌玻璃如 Hoya 公司的 BaC7 玻璃，或中国的 K9 玻璃，是典型的冕牌材料。丙烯酸（PMMA）和 Topas（COC）塑料则是典型的塑料冕牌材料。

目前的技术常采用两条原则使现有的投影镜头实现简单和更便宜：1）红管和蓝管对像敏锐度的影响比绿管小得多，因此，分辨率可以比绿管低得多；2）

目标（通常为 CRT）的光谱很窄，使得镜头基本上不需要校正轴上色差。这类投影镜头的像质与标准播放 TV 兼容，其中 CRT 限制为 $2cy(\text{周})/\text{mm}(\text{毫米})$ 或 $3cy/\text{mm}$ 的极限分辨率。这类投影镜头中的 3 个不同色管均采用相同的结构，因而可以使加工成本最少。

用于高亮度显示装置的投影镜头需要较大的相对孔径（如 f 数大于 $f/1.5$ ）和大视场角（画幅对角线的张角典型地大于 60° ）。要获得这些设计要求，镜头至少需要 4 片镜片。对于更高的像质，需要 5 片镜片。当采用 4 片镜片设计时，其中最接近投影像的第 1 片镜片，通常采用的是由注塑塑料形成的非球面镜片（零件），以校正与孔径有关的像差，如球差和彗差；第 2 个镜片通常采用的是光学玻璃的球面零件，它的面非常弯曲，中心厚很大，因而其几乎拥有镜头的全部光焦度；第 3 个镜片主要用于校正与视场有关的如像散等像差；第 4 个镜片通常是注塑形成的非常凹的薄壳零件，用来存放最靠近物面（如 CRT）一侧的光学耦合液，其与耦合液并结合物面的曲率可用以校正场曲和畸变。当要求很大的相对孔径（如 $f/1.05$ ）时，目前通常的办法是在 4 片式镜头中的第 1 和第 2 个零件间增加一个注塑塑料非球面零件，从而形成为典型的 5 片式的投影镜头设计。

在这些设计形式的镜头方案中，通常使用低色散，即阿贝数大、被称为“冕牌”类的材料。这些材料使每个镜片零件给图像带来的轴上色差量最小，但这些零件中没有一个有很大的负光焦度，也没有相关的大色散。所以，这些零件都不能校正镜头零件产生的轴上色差。这些现行的投影镜头的剩余轴上色差限制了其能达到的像分辨率。

在 1993 年发布的 N. Konuma 等人的美国专利号 5,255,122 中，提供了现有采用四片式的投影镜头的例子，其三种颜色信道的镜头组成结构均可如附图 1 所示，通常是用于采用标准的 NTSC 电视制式的显示投影系统。该镜头从阴极射线管至投影图像有十倍的放大倍率，在投影屏处的分辨率通常为 $0.30 \text{ lp}(\text{线对})/\text{mm}$ ，阴极射线管处的分辨率约为 $3.0 \text{ lp}/\text{mm}$ 。在这种情况下，屏幕高度为 775mm ，在整个垂直视场中有 490 条线，两条线组成一个线对（lp）。屏幕极限空间频率为 $(490)/(2)(775) = 0.3 \text{ lp}/\text{mm}$ 。水平分辨率大致相同。因而该投影系统在此空间频率上应该能保持较高的调制传递函数（MTF）值。由于其每个镜头在对应的 CRT 上的光谱波带很窄，所以没有必要校正剩余轴上色差。设计者可以容许许

多剩余色差的存在，同时在上面所说的低空间频率时仍能获得满意的 MTF 值。在此设计中，3 个零件组成一个部件，第 4 个零件浸在邻近 CRT 面板的耦合液里。第 4 个零件、耦合液和 CRT 面板的作用像一个能很好校正由部件里的 3 个零件所产生的匹兹瓦尔场曲的光学零件。这是能满足现行电视像播映标准的一种最简单的设计。较新的 TV 制式利用的数字成像术能提高垂直视场的线数，也能提高随电子系统频率带通而变的水平分辨率。对于数字式或增强型 TV 系统，CRT 处的极限空间频率可高达 5 lp/mm ，这相当于投影屏处约 0.5 lp/mm 。要获得这么高的分辨率水平，需要校正轴上色差。现有设计已通过增加一般具有负光焦度和高色散的零件实现这种校正功能。

五片式投影镜头设计的例子可有如 1992 年发布的 T. Kashiara 的美国专利号 5,157,554, 1994 年发布的 T. Yoshioka 的美国专利号 5,357,373, 1995 年发布的 D. Kim 的美国专利号 5,440,429, 1995 年发布的 D. Kim 的美国专利号 5,452,132, 1997 年发布的 A. Osawa 的美国专利号 5,659,424, 2000 年发布的 A. Yokota 的美国专利号 6,144,499 等。例如，其中美国专利号 5,659,424 的五片式镜头设计的结构形式如图 2 所示，该镜头设计的垂轴像差曲线如图 3 所示。该设计中有四个镜片（零件）构成一个部件，其中的第一个零件使用丙烯酸（PMMA）以使其容易注塑成型，但这是以轴上色差的欠校正为代价的；第五个镜片（零件）浸在邻近 CRT 面板的耦合液里。第 5 个零件也是和耦合液以及 CRT 面板一起起作用，以很好地校正由前 4 个零件所产生的匹兹瓦尔场曲。这种设计通常都是由冕牌类材料构成，所以轴上色差仍未校正，分辨率限制到 3 lp/mm 的等级。这种结构的一些变体使用 PS 制作第 1 个零件，这种材料的高色散加上负光焦度能部分地校正轴上色差，也能获得很高的分辨率。但使用 PS 会使注塑困难得多，所以，这种设计实际上难以实现。

在显示该镜头设计垂轴像差曲线的图 3 中有 8 个小图，其下面的 2 个小图表示轴上物点；左下图示出像面上随入瞳直径而变的光线截距高度误差。这张图里有 5 条不同的曲线，每条曲线代表镜头光谱范围的其中一个波长。对于没有像差的镜头，这 5 条曲线应和这张图的水平轴重合。5 条曲线彼此互相倾斜这一事实是度量镜头剩余轴上色差的一个方法。

图 4 所示为图 2 所示的该五片式镜头设计在 CRT 面处的 MTF 值。所绘出的 MTF

值随空间频率 (lp/mm 或 cy/mm) 而变。这个图的上面有一条黑色的虚线, 这是理想 (无像差) 镜头的 MTF 值。图中同时还绘出了 7 条曲线。第 1 条表示轴上点的 MTF 值, 它只示出了一条曲线, 这是因为对于轴上点, 在垂直和水平两个方向上有相同的 MTF 值。剩下的 6 条曲线代表全视场内的 3 个视场点、两个方向 (水平线和垂直线) 的 MTF 值。2 lp/mm 时的 MTF 值超过 0.75, 画幅边角除外。画幅边角处, 5 lp/mm 时的 MTF 值超过 0.40。这些值并不包括加工公差的影响, 在典型加工环境下的加工公差能使 MTF 值降低一半, 所以这样加工的镜头能满足标准的 NTSC 播放要求, 可用于一些较低档的增强型或数字式 TV。

一些显示系统需要更高的分辨率, 如 HDTV, 极限分辨率需要 5 cy/mm 。一些显示系统使用一个投影镜头来投影多色目标。为了校正轴上色差, 获得高分辨率, 这两类镜头更为复杂。要使用大负光焦度和高色散的玻璃或塑料零件来校正轴上色差。如美国专利 5,808,804 和 5,455,713 给出的是六片式投影镜头设计的例子, 它们提高了轴上色差的校正能力, 实现了高的像分辨率。使用塑料火石类材料如 PS (聚苯乙烯) 或 NAS (聚苯乙烯与聚甲基丙烯酸甲酯的混合物) 由于在注塑时会产生困难, 因而通常采用玻璃零件予以解决。其中, 美国专利 5,808,804 的六片式镜头设计的结构可如图 5 所示。此设计第一个零件用了 PS, 以部分校正轴上色差, 它还加了一个零件使镜头能有较短的物像距离。PS 零件很难注塑, 加之零件的数目多也使产品变得很昂贵。图 6 显示的是该镜头的垂轴像差曲线, 其中也包含有 8 个小图。把图 6 的左下图和图 3 作一比较, 可看出: 轴上色差校正水平虽有适当的提高, 但 PS 零件的低光焦度使得它不能更有效地影响对色差的控制。图 7 是该镜头的 MTF 值, 其中 2 lp/mm 时的 MTF 值超过 0.80, 画幅边角除外。画幅边角处, 5 lp/mm 时的 MTF 值超过 0.50。MTF 值的提高要归因于 PS 零件和所增加的零件, 但成本高得使这种镜头仅适用于很高档的产品。

美国专利 5,455,713 还给出了一种如图 8 所示的七片式的镜头设计, 它使用 3 个球面玻璃零件, 以校正所有的轴上色差, 获得极高的像分辨率。虽然在如图 9 所示的该镜头的垂轴像差曲线中, 其左下图示出 5 个波长已重合在一起, 表明其轴上色差已基本降到 0, 且可适合于 MTF 值高到 5 $lp/mm \sim 7 lp/mm$ 的 HDTV, 但这种镜头加工起来很昂贵。

对于如数字增强型 TV 的极限分辨率约 4 cy/mm 的显示系统, 则需要更复杂

的投影镜头以获得满意的像质。因此这些镜头中要求 3 个颜色的信道采用不同的结构，并且通常使用许多玻璃或塑料零件以校正轴上色差，因而将使加工成本大大增加。

因此，为了使能用于中等像质的镜头设计简单、便宜，目前所有的大显示投影镜头系统对轴上色差，要么基本上都是欠校正的，要么就要增加火石类零件（通常用玻璃）以校正轴上色差，得到高的成像质量，其结果将使镜头设计昂贵。

发明内容

鉴于上述情况，本发明的一个主要目的是提供一种成本相对低廉的用于图像显示装置的投影镜头，在使用和现有投影镜头有同样多的镜片（零件）数的前提下，不必采用火石类玻璃或塑料而使投影图像分辨率有明显的改善，并且可以使红、绿和蓝三种颜色信道的投影镜头单独和/或同时分别实现同样的改善。在此发明目的的前提下，本发明的另一个目的是使该镜头能有短的物像距离，而使投影图像的分辨率不受影响，因而使图像显示装置可以做得小一些；本发明的再一个目的是增加投影镜头系统的相对孔径，在不增加镜头复杂程度的前提下，同时能改善投影图像的分辨率。

本发明所说用于图像显示装置的投影镜头的结构，是在现有由沿光轴排列的若干镜片组合而成的镜头结构的基础上，在所说的镜片组合中还设置有至少一个具有能在光路中产生衍射效果的衍射结构的衍射结构层。

在上述的结构中，所说的该衍射结构层可以为其基底面是与光轴方向垂直的平面结构形式，也可以为其基底面是具有一定球面或非球面的曲率的曲面形式。该衍射结构层上所说的能在光路中产生衍射效果的衍射结构，一般应采用为一系列以光轴为同心圆形式的圆环形衍射结构。如，一般情况行下可以采用为开诺型(Kinoform)、二元光学面形(Binary)或全息图型(Hoe)衍射结构中的任何一种；其共同的特点还在于由圆心向外排列的各圆环形衍射结构的间距依次递减。例如，可以作为具体实施例之一的形式，是其中心部分衍射环结构的间距约为 1mm，依次递减至外周边缘处的衍射环结构的间距则可为 0.025mm。

根据光学衍射原理可以理解，对于本发明上述结构中所说的衍射结构层或衍射结构，可以首先将其视为或理解为是由互相平行且间距相等的线性衍射槽形式的衍射光栅。这种光栅可以使入射波前在与原方向成某一角度的方向上发生衍射，

但平面波前仍然是非聚焦的平面波前，因而它只能改变方向。衍射光学零件（DOE）的外观就象微小的菲涅耳透镜，其每一环带取入射波前的一小环形部分，并使它朝着像点衍射。随着衍射结构的环带接近透镜边沿，衍射槽挨得越来越近，并且每个衍射槽的衍射角增加。这样，整个衍射面将入射波前聚焦在空间的一个点上。这种面的聚焦能力由衍射作用获得，而不是由斯涅耳定律的折射效应获得。在大多数衍射面上，衍射槽的深度是不变的，衍射槽深度的选择要使衍射波前的顺序环形部分移位一个波长，而且像点处的结果波前是相干的（这就好象一个单一波前的成像没有环形分割现象发生）。换句话说，成像波前的相位被保留，衍射面可认为是相位改变的机构。

由于衍射结构的特点之一是其衍射与光的波长有关，相当于折射透镜面的色散。而用来校正色差的火石类光学玻璃的阿贝色散数一般不小于+25，阿贝数越小，色差校正越好。阿贝数定义为 $V = (N_d - 1) / (N_F - N_C)$ ，其中： N_d 、 N_F 、 N_C 是能使光线折射的光学表面的折射率。衍射结构通过与波长极为相关的衍射使光线偏折，所以衍射结构的阿贝数可以通过衍射面对不同波长光线所产生的偏折量计算出来，计算的结果是衍射结构的阿贝数为-3.45。因此，上述衍射光学零件常常能提供 10 倍于火石类折射零件的色差校正能力。

光线通过衍射面时，衍射面可以把物的像传递到不同的几个衍射级，即：产生多个轴向和径向彼此错开的像。以开诺型衍射结构为例，其衍射槽的深度（或是在二元光学面形或相位型全息图型等其它形式衍射结构中的相应结构或参数指标）控制传递到各个衍射级的光多少。例如，-1 衍射级是以与光轴成 10° 的方向传递光；而 0 级是以与光轴成 0° 的方向传递光等。显然，0 级是不能使用的，因为其结果就好象不存在有衍射结构。其次，物理学告诉我们：如果我们选择衍射槽深度 $= \lambda / (n - 1)$ ，就可以把几乎所有的光传入 -1 级。我们需要把所有的光传入最佳的像中，而不是传到杂散光像中，所以此时就应该是使用 -1 级为最佳。但即使如此，将镜头设计的目的是在 -1 衍射级形成一个像，但一些能量仍会在 0 级、+1 级表现出来，更少一些能量还会在 -2 和 +2 级上表现出来。如果系统是单色的，光线在衍射结构的入射角不变，衍射面没有加工缺陷，对于开诺形状的衍射结构（类似斜坡的直线表面），则其能量的 99% 会表现在设计者选择的 -1 级上。

例如,虽然蓝信道的光谱不是单色的,光线在衍射面上的角度变化大约 30° , 这些不利情况可以被减少到最小,但设计仍然有百分之几的能量泄漏进入其它衍射级有关的不需要的像中。这种现象会在明亮物体像的周围产生不需要的微弱光晕,还能稍稍降低各空间频率时的 MTF 值。这些不利影响必须由设计者努力使其降至最小。

试验的结果显示,由于衍射结构在具有成像功能的同时,还可以具有极强的像差校正功能,提供很好的校正轴上色差(即:像沿轴向的位移)的能力,还可以提供现有投影镜头所没有的单色像差的校正功能,因而可以得到很高的像分辨率。同时,衍射结构和它极强的像差校正功能也可以得到比现有的投影镜头更大的相对孔径(f 数)而不会降低成像的质量。在此基础上,通过其中的一些分辨率还可以换来实现更短的物像距,短物像距使得显示装置更小,因而可以使该镜头系统的成本更低。

仍以上述所说的具有开诺型衍射结构的该衍射结构层为例,该衍射结构可以采用符合下列关系式的设计形式:

衍射槽深度 $= [\lambda / (n-1)]$, 其中 λ 为波长 (mm), n 为零件的折射率;

衍射面产生的波前位置位移的相位 $= [2\pi / \lambda] [C_1 r^2 + C_2 r^4 + \dots C_n r^{2n}]$, 其中: C_1 为二次项系数、 $C_2 \dots C_n$ 为高次项系数, r 是离光轴的径向距离,其中的相位应是 2π 的整数倍,根据设计的要求来确定相位的项数。其中,所提出的衍射槽深度 $= [\lambda / (n-1)]$ 的要求,正是为尽量满足把所有的衍射光都传入 -1 衍射级的设计需要。

由于在 CRT 投影装置中通常具有红、绿、蓝三种颜色信道的投影镜头中,无论是单独采用,还是同时分别采用本发明上述结构形式的投影镜头,在不同颜色信道的投影镜头中,所设置的该衍射结构层应分别具有与其工作波长相对应的衍射结构。

如上述,在本发明上述结构的投影镜头中,所说的该衍射结构层的衍射结构除可以采用上述的开诺型衍射结构外,也可以选择二元光学面形或相位型全息图型等衍射结构中的任何一种。由于在目前以采用开诺型衍射结构时的加工相对较为容易,而采用二元光学面形或相位型全息图型等衍射结构时的加工难度相对较大,并且会使镜头的成本上升,因此就目前而言仍以采用开诺型衍射结构的形式

为最佳。

在本发明的上述投影镜头中，一般情况下可以采用只设置一个所说的衍射结构层的形式。至少通过目前的试验结果显示，若再增加一个衍射面，对分辨率的提高不会产生进一步的改善效果，但却反而会使对比度降低。

上述结构中所说的该衍射结构层在镜头中的设置方式和/或位置，可以有多种可供选择的方式。在设置方式上，例如，其可以为是在现有的某一镜头镜片的表面上直接形成所说的该衍射结构，从而可以与现有的该镜片成为整体结构的形式。此外，也可以使所说的该衍射结构层为具有所说的衍射结构且独立于各镜片的独立衍射结构单元的形式；还可以采用使所说的该衍射结构层为该独立衍射结构单元形式的衍射结构层以被覆方式结合在现有镜头镜片表面所成为的混合透镜形式等。这些设置方式在具体实施时都可以作为参考实例之一被使用。特别是其中采用使衍射结构层与现有的镜片（零件）相结合成为的整体结构形式或混合透镜的形式后，与未使用衍射结构层的较低像质的投影镜头相比，本发明形式的透镜镜头可以与其具有相同的镜片（零件）数，并不增加镜头零件的复杂程度以及一样的加工成本。

进一步，由于镜头中的各镜片都具有在图像投影方向上的表面和与之相反的另一侧表面，因此，当本发明上述镜头结构中所说的该衍射结构层无论是与现有镜头中的某一镜片采用的是整体结构的形式，或是采用相互被覆方式结合而成为混合透镜的形式，既可以使该衍射结构层设置在相应镜片的图像投影方向表面，也可以将其设置在与图像投影方向相反方向的表面。

上述所说的衍射结构层在本发明投影镜头中的设置位置，可以以其与光阑间相对位置的远近来描述。在投影镜头的结构中，光阑不仅是一个重要的结构部件，也是一个重要的位置参照点。试验结果显示，在本发明上述结构形式的投影镜头中，将所说的该衍射结构层设置在近光阑的位置处——无论采用上述的何种设置方式，均可以具有校正轴上色差的功能；而将所说的该衍射结构层设置在远离光阑的位置处时，则可用以校正垂轴色差（即：像的径向位移，它是波长的函数）。

从加工制造的难易程度考虑，本发明上述结构中所说的该衍射结构层以采用塑料结构单元的形式为佳，例如，可作为具体实施例参考方式之一的，是使所说的该衍射结构层采用易于由注塑成型的丙烯酸结构单元形式，以避免 PC 注塑的

难度。此结构形式的衍射结构层，既包括了该衍射结构层是与现有的某一镜头镜片为整体镜片单元的形式，也包括上述采用独立衍射结构层和被覆所成的混合透镜的结构形式。

例如，在本发明中采用与易于注塑成型的丙烯酸衍射结构层复合所成的混合透镜后，蓝信道系统在 5 cy/mm 时的 MTF 差别可大到 2 倍。而在目前许多设计简单、用于一般品质 TV 机的投影镜头中没有进行色差校正时，其蓝信道系统在 2 cy/mm 空间频率附近的 MTF 值甚至可以降到 0（其理想值=1）。

在上述结构的基础上，在具体实施中可以作为参考的几种方式可以包括：在由 5 片镜片组成的投影镜头中，其中最接近投影像的第一片及第二片镜片可以均为模压塑料的非球面镜片，第三片为光学玻璃的球面镜片，第四和第五片镜片也为模压塑料的非球面镜片。所说的该衍射结构层可以设置在前三个零件的任何一个上。当将其设置在第二片和第三片镜片之间，例如可以采取以模压方式被覆在第二片镜片的第二面上形成混合透镜的方式，并且在红、绿、蓝三种不同的颜色信道的镜头中均按同样的方式设置该衍射结构层，能大大改善分辨率，这是因为它挨着孔径光栏，所以轴上色差和球差以及色球差能得到最好的校正。此外，对于由三片镜片组成的投影镜头，所说的衍射结构层可以设置在第一片镜片的第二面上；对于由四片镜片组成的投影镜头，则可以使所说的衍射结构层设置在第一片镜片的第二面上；对于由六片镜片组成的投影镜头，可以使所说的衍射结构层可以设置在第三片镜片的第二面上；对于由七片镜片组成的投影镜头，可以使所说的衍射结构层设置在第四片镜片的第二面上，分别都成为在现有镜片的表面结合有衍射结构层的混合透镜的形式。

显然，在不背离本发明上述技术思想和范围的情况下，根据本领域的普通技术知识和惯用手段，是可能并且也容易实现对这些内容进行多种形式的修改、替换或变更的。

以下结合由附图所示实施例的具体实施方式，对本发明的上述内容再作进一步的详细说明。但不应将此理解为本发明上述主题的范围仅限于下述的实例。凡基于本发明上述内容所实现的技术均属于本发明的范围。

附图说明

图 1 是现有的一种四片式投影镜头的结构示意图。

图 2 是现有的一种五片式投影镜头的结构示意图。

图 3 是图 2 结构镜头的光线像差的示意图。

图 4 是图 2 结构镜头的 MTF 值示意图。

图 5 是现有的一种六片式投影镜头的结构示意图。

图 6 是图 5 结构镜头的光线像差的示意图。

图 7 是图 5 结构镜头的 MTF 值示意图。

图 8 是现有的一种七片式投影镜头的结构示意图。

图 9 是图 8 结构镜头的光线像差的示意图。

图 10 是本发明的一种五片式结构投影镜头的结构示意图。

图 11 是图 10 中的 a 局部的衍射结构放大示意图

图 12 是图 10 结构镜头对绿管光路光线像差的示意图。

图 13 是图 10 结构镜头对绿管光路的 MTF 值示意图。

具体实施方式

实施例 1

本例为一种采用五片式结构的本发明的投影镜头,结构如图 10 和图 11 所示,其各镜片相关参数的数据可参见表 1。其中的第一、第二、第三、第八、第九、第十面为非球面,非球面系数可参见表 2,该非球面方程为:

$$= \frac{Cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)C^2r^2}} + AR3 * r^3 + AR4 * r^4 + \dots + AR10 * r^{10}$$

C—轴上半径的倒数, K—圆锥常数, r—离光轴的径向距离,

AR3、AR4、…AR10—非球面系数。

在镜片的第四面表面直接形成有一开诺型衍射结构面 2 的衍射结构层 1,其衍射面的相位为:

$$= [2\pi / \lambda] [C_1 r^2 + C_2 r^4 + C_3 r^6]$$

λ 为波长 (mm), r 为离光轴的径向距离, C_1 、 C_2 和 C_3 分别为二次项、四次项和六次项的系数,其中: $C_1=4.44896E-4$, $C_2=-2.64265E-7$, $C_3=1.02559E-10$ 。

在上述镜头中,除第三个镜片零件选择冕牌玻璃,是因为它的色散低,其被分配大部分光焦度外,其余的四个零件均由丙烯酸 (PMMA) 模压而成,具有非球面表面。衍射结构层 1 叠加在靠近光阑 3 的第四个面上,主要用来校正大部分轴

上色差。虽然色差还可以比此实施例校正的水平更高，但衍射面沟槽的最小间距被有意限制到 25 微米，以保证良好的加工工艺性，并使沟槽结构的“阴影”效应和随之而来的对杂散光的影响减至最小。

图 12 所示的是上述镜头的垂轴像差曲线，与前述的同为五片式设计镜头的垂轴像差曲线的图 3 相比较，可以明显看出：通过使用衍射面，轴上色差校正水平明显得到提高。其 MTF 值如图 13 所示，在 2 lp/mm 时的 MTF 值超过 0.90，视场边角除外。视场边角处，5 lp/mm 时的 MTF 值超过 0.40。可以将这些值与如图 4 所示的同类镜头的 MTF 值进行比较。

使用衍射结构层时需要注意它所独有的几个物理特性。通过一个衍射层的波前能被聚焦到空间几个不同像位置上，因为该衍射结构层有和衍射光栅相同的特性——不仅能将能量传递到用来成像的某个级次上，还能传递到其它级次上。对于理想像所选的衍射级次典型地是 -1 级，如果沟槽深度没有准确地设计和生产的话，非要求的能量也能被传递到 0、+1、-2 和 +2 级上。被传递到一个给定级次上的能量数量称为此级次的衍射效率。设计时的目标就是使 -1 级次的衍射效率最大并且使其它级次的衍射效率最小。

本投影镜头实施例中的衍射结构层 1 上所选择的衍射结构 2，是一个没有缺陷的开诺型表面，其中每一个沟槽都有一个表面基础曲率的弯曲截面。它可以和在每个沟槽上有一接近于弯曲截面的斜线的开诺结构相比较，以及和一个接近于弯曲截面的多台阶二元光学面相比较。理论上，对于单一波长和单一入射角来说，一个没有缺陷的开诺型结构的沟槽深度能被选择得在 -1 级时有 100% 的衍射效率，而其它的衍射级次衍射效率为 0%。但是，有三个因素会使这种简单模型复杂化：1) 光谱波段宽于一个波长，并且衍射效率对波长是弱灵敏的，2) 衍射效率对入射角的灵敏度是非常弱的，最佳实施例的入射角从 0° 变到 $\pm 40^\circ$ ，3) 由于加工误差，沟槽的形状和深度并不理想，并且衍射效率对这些误差有弱灵敏度。

传递到那些非要求级次的光会引起两种杂散光效应，这两种杂散光效应会降低成像质量。首先，非要求级次上的光能聚焦在要求像点附近的弥散圆内，以至于明亮的物体在主像的周围能产生一个很弱的光晕。这种效应是由于理论衍射效率随波长和入射角变化而发生改变所引起的。其次，从衍射面被抬高的台阶区和降低表面形状精度的制造缺陷处散射的光线布满整个像面而产生“杂散光”，就象

在投影像上有一个非常微弱的灰色背景。第二种效应将造成像面上对比度的下降。

本实施例的设计体现了本发明衍射结构层的这些特征。每个 CRT 的光谱带宽仅仅允许百分之几的光传递在-1 级次像的外面。入射到衍射面上的入射角已经得到控制，以便把非要求的背景光限制到要求像亮度的百分之几。最小沟槽宽度已被保持在 25 微米以上，以至在衍射结构的台阶处的散射光保持大约在 1.5%，并且沟槽结构能用单点金刚石和注射成型加工到合适的精度。

表 1

半径		厚度	材料	圆锥常数
物面	平面	787.0384		0.0000
1	66.4551	7.0000	PMMA	-1.0000
2	122.7511	8.5357		-1.0000
3	-292.4771	9.5000	PMMA	-1.0000
4	-329.8561	3.6388		0.0000
光栏	平面	0.1000		0.0000
6	71.4300	23.0000	K9	0.0000
7	-144.2113	6.8576		0.0000
8	-143.8802	7.0000	PMMA	-1.0000
9	-81.4431	32.2295		-1.0000
10	-48.9074	4.0000	PMMA	0.0000
11	-44.1737	9.0000	433500	0.0000
12	平面	14.1000	560500	0.0000
象面	-350.0000			0.0000

表 2

	AR3	AR4	AR5	AR6	AR7	AR8	AR9	AR10
第一面	-3.6068E-5	6.8753E-7	-4.4732E-8	-2.9642E-9	-2.1852E-12	1.6770E-12	-7.7421E-15	-1.1191E-16
第二面	-6.4884E-5	4.7152E-6	-2.2583E-7	8.7135E-10	1.8028E-11	7.0761E-13	1.2576E-13	-3.2415E-15
第三面	-3.2212E-5	6.700E-6	-2.8111E-7	5.5124E-9	1.3346E-10	-3.6393E-12	1.1832E-15	0
第八面	-6.5077E-6	-1.5928E-6	1.8157E-8	-8.6037E-10	-9.8704E-11	3.6466E-12	0	2.1993E-16
第九面	2.4106E-5	-1.3019E-6	-7.0816E-8	1.1798E-8	-5.5097E-10	9.8661E-12	0	0
第十面	-2.6398E-4	3.2367E-5	-2.5205E-6	1.2561E-7	-4.0419E-9	7.7352E-11	-6.5121E-13	0

说明书附图

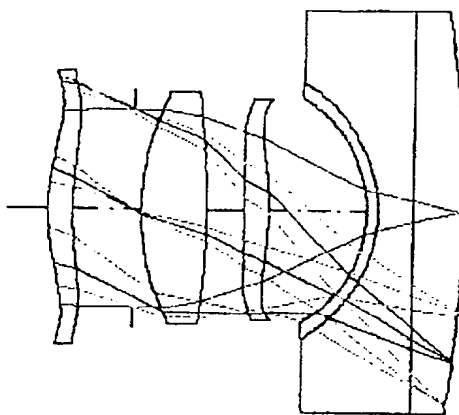


图 1

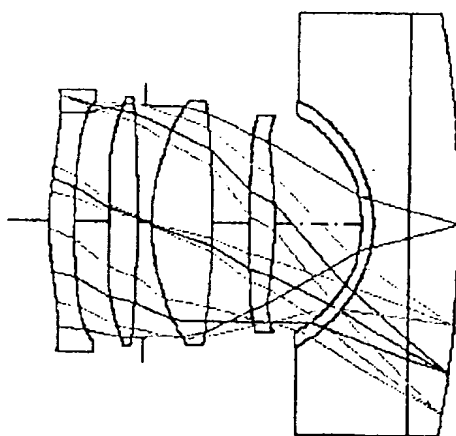


图 2

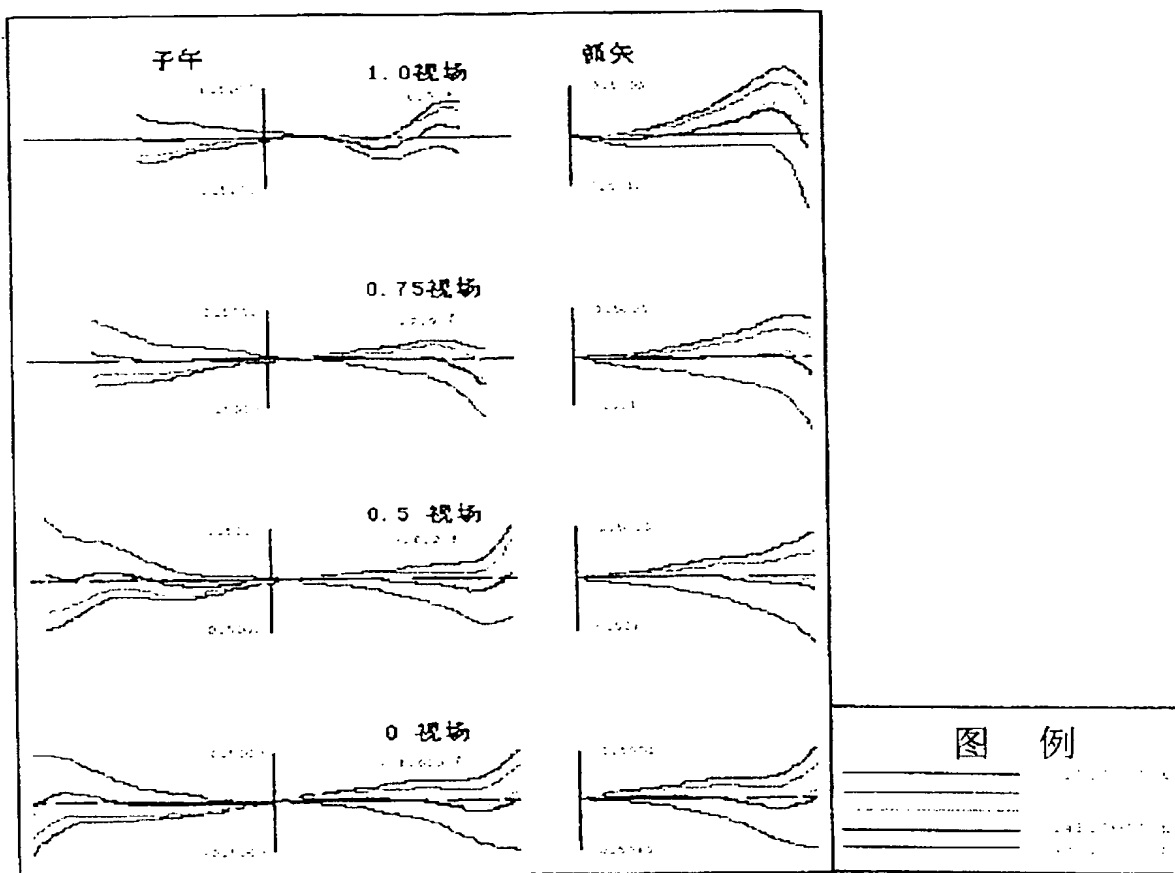


图 3

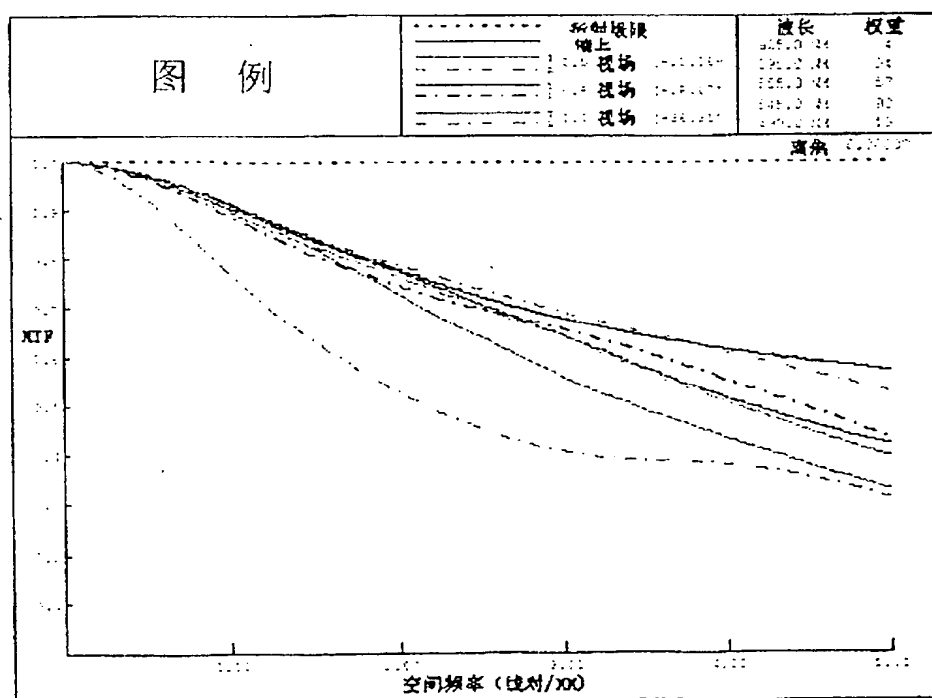


图 4

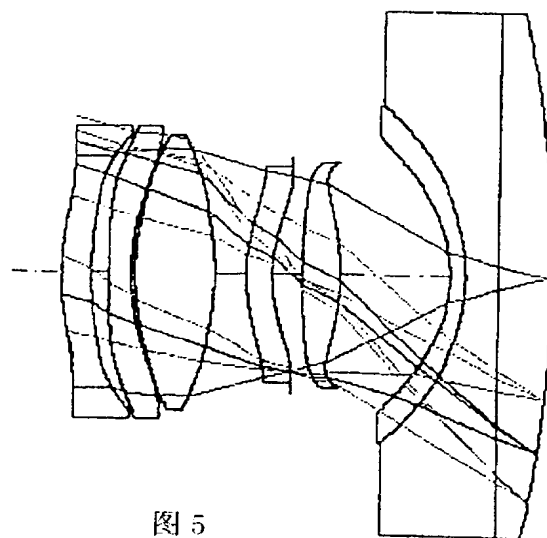


图 5

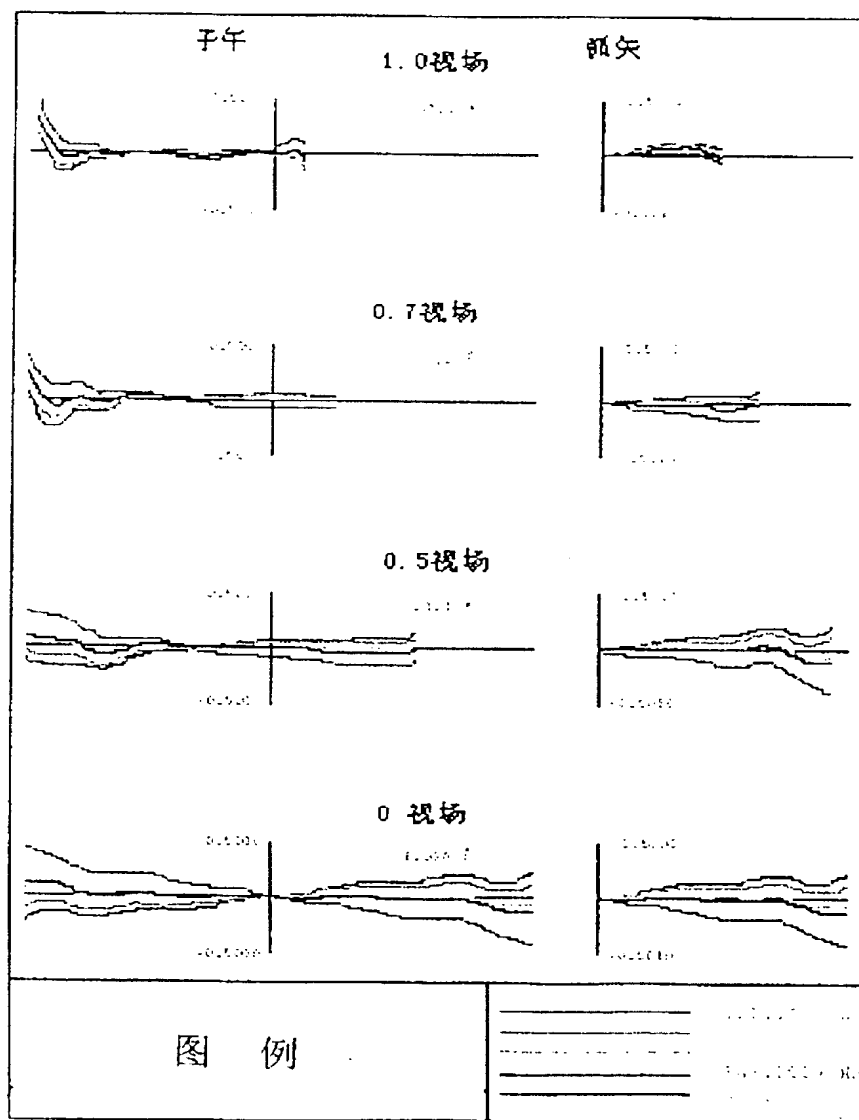


图 6

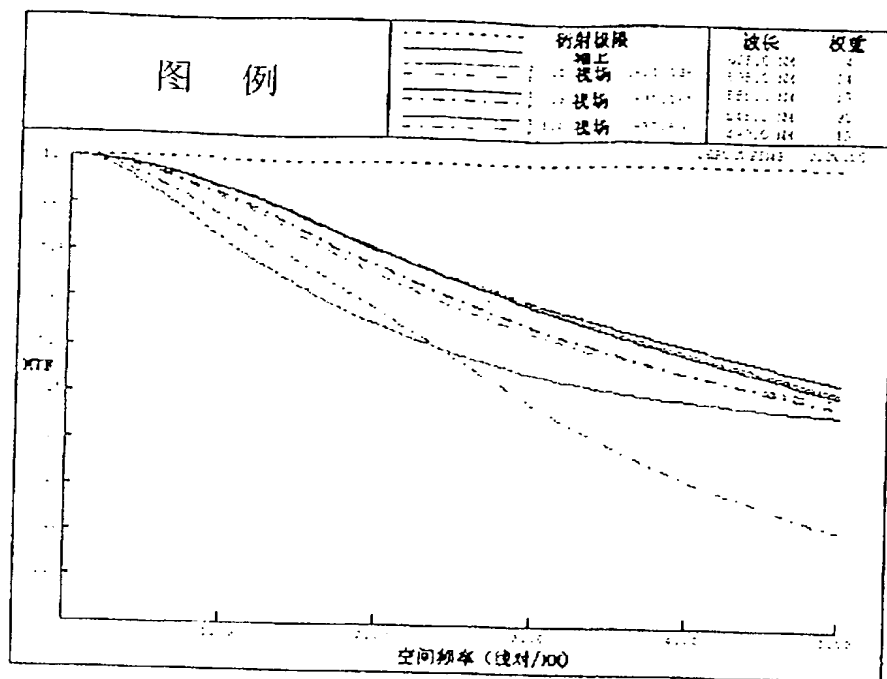


图 7

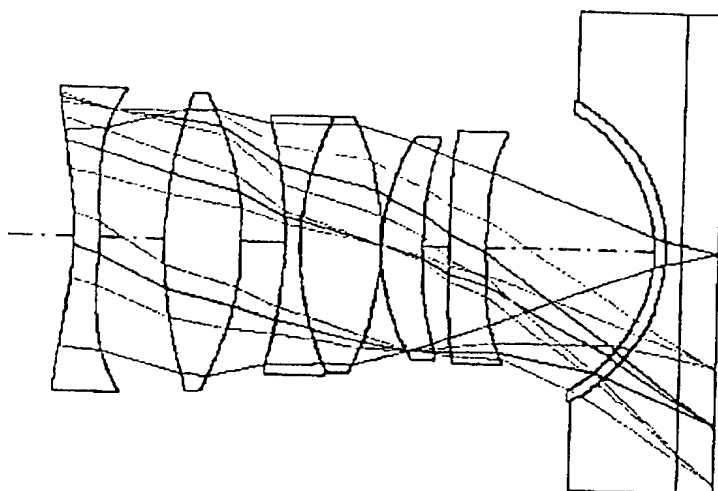


图 8

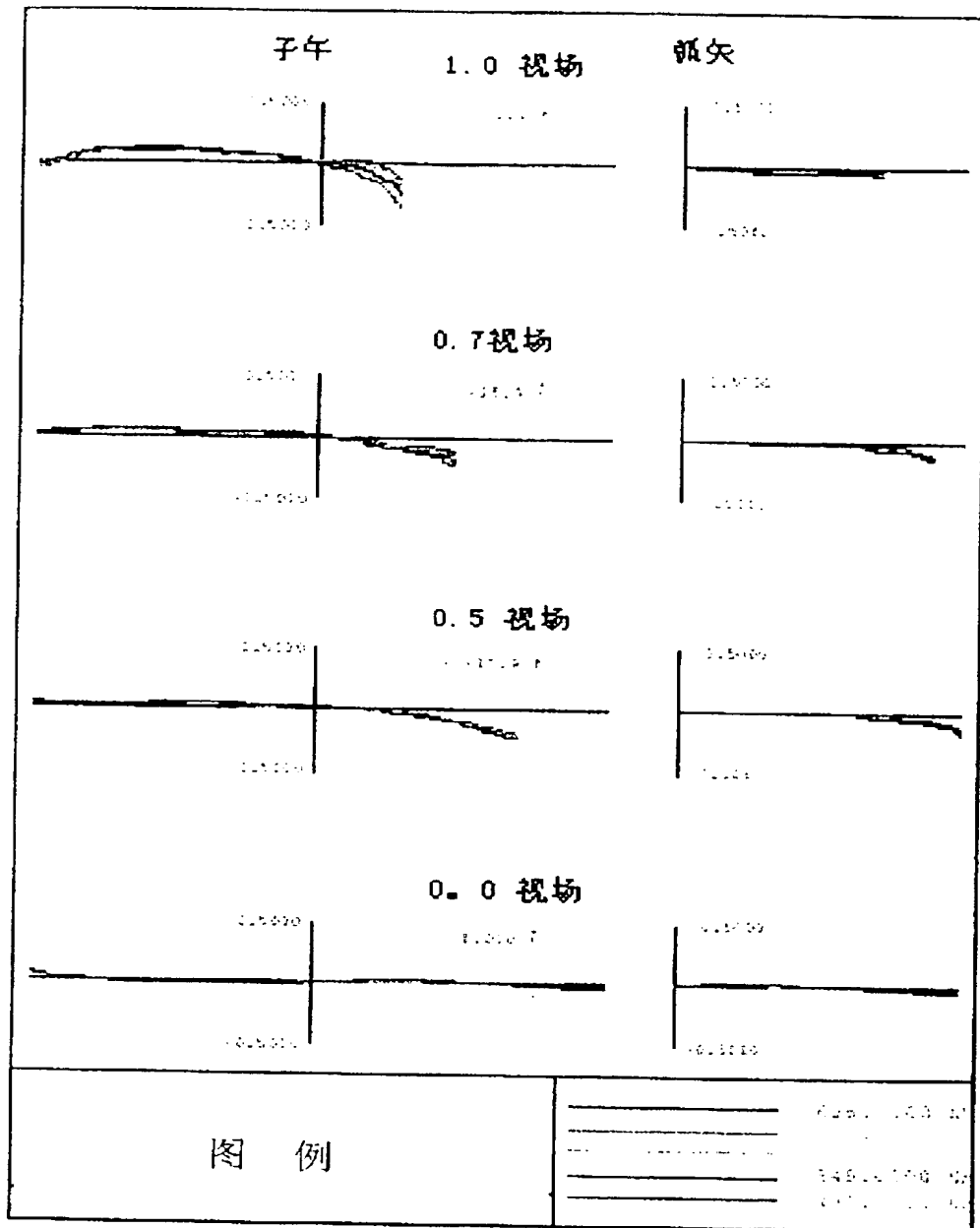


图 9

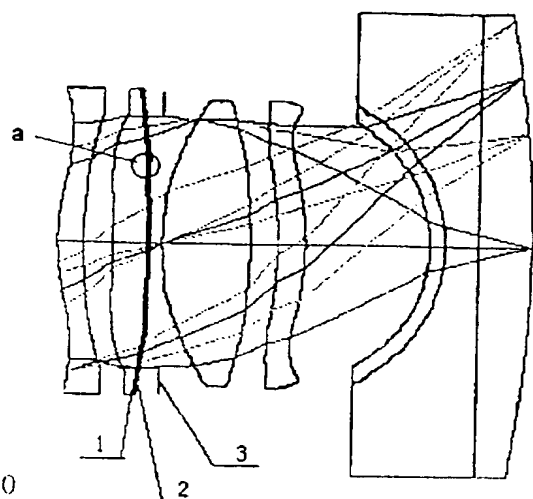


图 10

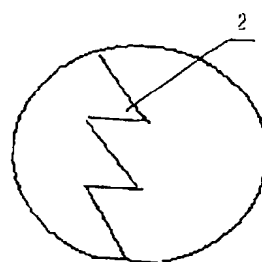


图 11

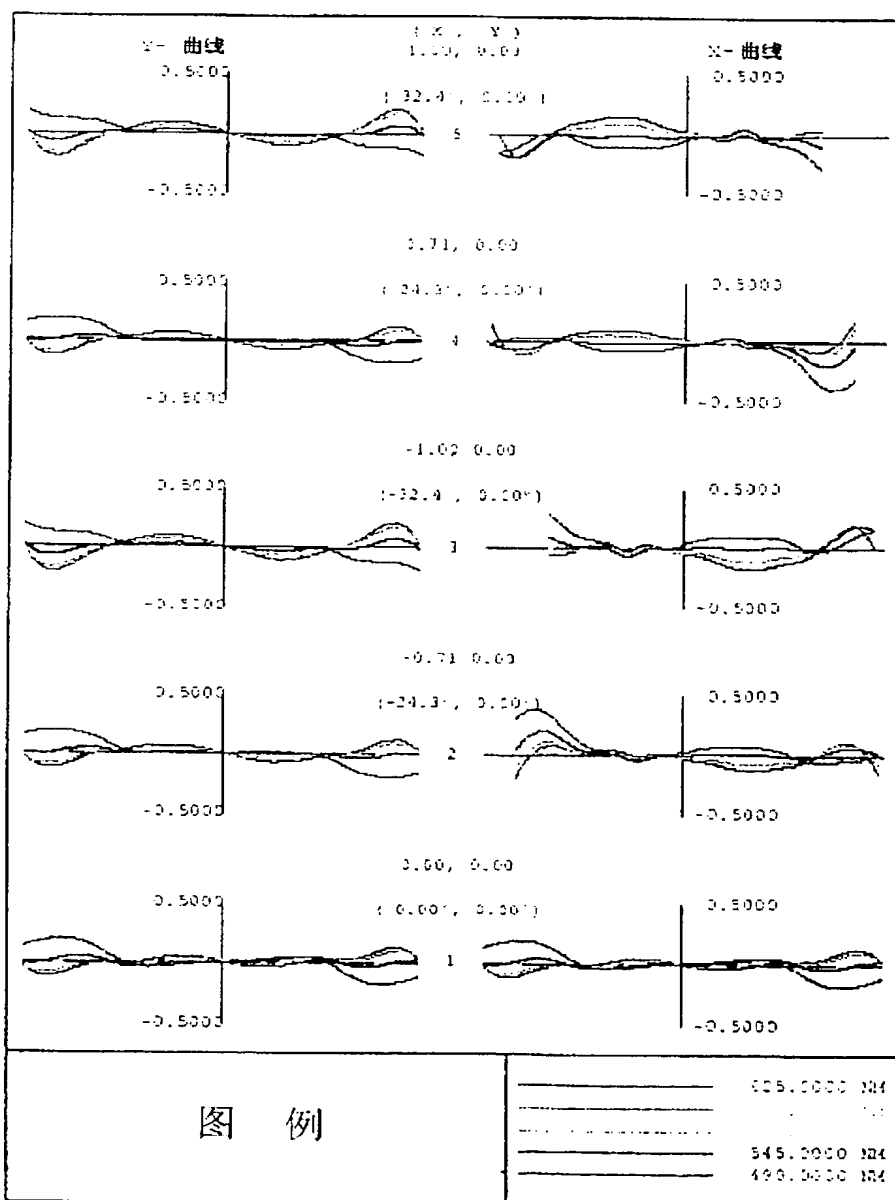


图 12

